

УДК 536.24

К ВОПРОСУ ОБРАБОТКИ СОЛОНОВАТЫХ ВОД МЕТОДОМ НАТРИЙ-ХЛОРИД-ИОНИРОВАНИЯ

КОСМОДАМИАНСКИЙ В.Е., БАБАЕВ А.М., МАМЕДОВА А.М.

Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия, г.Баку, Азербайджан

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению обменной емкости сильноосновного анионита АВ-17-8 применительно к его работе в режиме десульфатизации в схеме натрий-хлор-ионирования подземных соленых вод.

Массовое жилищное строительство в последнее десятилетие в Баку, Сумгайыте, Гяндже и других городах Азербайджанской Республики, развитие промышленного сектора являются неоспоримым стимулом для развития теплофикации.

Требования, предъявляемые к комплексу проблем, связанных с использованием воды в качестве теплоносителя в системах теплоснабжения формулируются следующим образом: водоподготовка для тепловых сетей и вводно-химический режим должны исключать образование отложений и протекание коррозионных процессов на внутренних поверхностях водогрейного оборудования, прямых и обратных трубопроводах сетевой воды в отопительных приборах.

В соответствии с этими требованиями традиционный подход к выбору способа подготовки добавочной воды теплосети предусматривал применение таких методов, которые обеспечивали бы нормативные значения карбонатных индексов. При этом учитывалось качество исходной воды, тип водогрейного оборудования (водогрейный котел или сетевые подогреватели), вид системы теплоснабжения (открытая или закрытая), температура нагрева сетевой воды. Такие показатели качества воды для подпитки тепловых сетей (содержание хлоридов и кислорода, значение рН, количество взвешенных веществ и содержание нефтепродуктов) не являются определяющими в процессах образования карбонатных или сульфатных отложений.

Однако, в настоящее время такой сугубо технологический подход к выбору оптимального метода водоподготовки недостаточен. Переход к рыночной экономике, а также ужесточение экологических требований со стороны природоохранных органов выдвинули в числе определяющих факторов (наряду с надежностью и технологичностью) экономическую и экологическую эффективность. То есть, при выборе оптимального метода подготовки воды для подпитки теплосети, необходимо учитывать стоимость и дефицитность применяемых реагентов и материалов (например, ионитов), объем и минерализацию образующихся в процессе водоподготовки сточных вод, расход дорогостоящей исходной осветленной или умягченной воды на собственные нужды водоподготовительной установки, материальные и трудовые затраты на ремонтные и профилактические работы. Исходя из заявленных критериев, требуется совершенствование традиционных методов подготовки воды для теплосети, удовлетворяющих комплексу технологических, экономических и экологических требований.

Ввиду дефицита пресных вод на Апшероне, весьма актуально использование в техническом водоснабжении промышленных предприятий, в том числе и для приготовления добавочной воды на тепловых электрических станциях и в котельных, соленых вод подземных горизонтов с солесодержанием 1000 – 3000 мг/л. Известен

и применяется для подготовки воды в теплосети метод натрий-хлор ионирования, заключающийся в умягчении и снижении щелочности обрабатываемой воды путем её пропускания через натрий-катионитный и хлор-анионитный фильтры /1, 2/. Регенерация фильтров проводится раздельно одним и тем же регенерантом - раствором поваренной соли. Натрий-катионитные фильтры отключаются на регенерацию по проскоку катионов жесткости. Декарбонизация исходной воды обеспечивается работой хлор-фильтров в режиме сорбции бикарбонат-ионов и отключением этих фильтров на регенерацию по проскоку щелочности. Объем загрузок фильтров выбирается из условия одновременного их истощения. В качестве загрузочного материала натрий-фильтров применяется катионит КУ-2-8, либо сульфоуголь. Традиционным загрузочным материалом хлор-фильтров является сильноосновный анионит АВ-17-8. Нецелесообразность применения слабоосновных анионитов в качестве загрузочного материала хлор-фильтров обоснована в работе /3/, где отмечается, что слабоосновные аниониты требуют больших удельных расходов соли на регенерацию и имеют низкую обменную емкость.

Преимущество схемы натрий-хлор-ионирования заключается в стабильном высоком качестве фильтрата не только по жесткости, но и по щелочности, исключаящее опасность переокисления, простота эксплуатации, использование для регенерации общего реагента – доступной и дешевой поваренной соли, исключение расхода неудобной в эксплуатации серной кислоты на декарбонизацию, отсутствие в схеме декарбонизатора, для систем теплоснабжения возможность обработки больших расходов воды в связи с одновременным удалением обеих составляющих накипеобразования.

Недостаток традиционных схем натрий-хлор-ионирования: отсутствие эффективных решений по утилизации отработанных регенерационных растворов, возможность образования карбонатных и сульфатных отложений на зернах катионита при совместных регенерациях.

Согласно /4/ процесс хлор-анионирования целесообразно осуществлять в режиме десульфатизации исходной воды. Это позволяет концентрировать в отработанном регенерационном растворе хлор-анионитного фильтра сульфат-ионы в количестве, необходимом для осаждения кальция (в виде сульфата кальция) из отработанных растворов натрий-катионитных фильтров. Регенерацию натрий-хлор-анионитных фильтров проводят совместно восстановленным 6 ÷ 8% раствором натриевых солей. Отработанный регенерационный раствор после совместной регенерации собирается в отстойнике. После самопроизвольного осаждения сульфата кальция и доукрепления незначительным количеством свежей соли полученный раствор вновь используется для регенерации фильтров.

Целью настоящего исследования было установление обменной емкости поглощения сильноосновного анионита АВ-17-8 при работе на соленоватых водах в режиме десульфатизации.

Экспериментальное исследование проводилось в лабораторных условиях с применением метода математического планирования. Емкость поглощения анионита АВ-17-8 по сульфат-ионам E (мг-экв/л), была принята в качестве целевой функции (Y). Серией предварительных опытов установлены основные факторы, влияющие на эффективность сорбции сульфат-ионов хлор-анионитным фильтром: удельный расход соли на регенерацию g (кг/м³ анионита), концентрация в исходной воде сульфатов SO_4^{2-} (мг-экв/л), концентрация в исходной воде хлоридов Cl^- (мг-экв/л). Граничные значения исходных концентраций SO_4^{2-} и Cl^- соответствовали характерным составам соленоватых вод Апшерона. Расход натриевых солей на регенерацию составлял 120-240 кг/м³. Согласно результатам предварительных опытов при $g < 120$ кг/м³ резко ухудшаются технологические показатели хлор-анионитного фильтра, а при $g > 240$

кг/м³ улучшение технологических показателей незначительное. В табл.1 приведены уровни факторов, их кодированные и физические значения, а также формулы перехода от кодированных значений к физическим. Для получения уравнения регрессии был реализован полный факторный эксперимент типа 2³, расширенная матрица планирования которого с результатами опытов представлена в таблице 2.

В центре плана (нулевой уровень) было проведено дополнительно три параллельных опыта и получены следующие значения: $Y_1^0=837,5$; $Y_2^0=887,5$; $Y_3^0=850,0$.

Таблица 1.

Исходные данные эксперимента

| Уровни факторов | | Значения факторов | | |
|-----------------------|--------|----------------------|----------------------------|--|
| Наименование | Код | Кодированные (X) | | |
| | | X ₁ | X ₂ | X ₃ |
| | | Физические (Ф) | | |
| | | g, кг/м ³ | Cl ⁻ , мг-экв/л | SO ₄ ²⁻ , мг-экв/л |
| Верхний | +1 | 240 | 30 | 20 |
| Нулевой | 0 | 180 | 18 | 14 |
| Нижний | -1 | 120 | 6 | 8 |
| Интервал варьирования | 1 | 60 | 12 | 6 |
| Формула перехода | Φ=f(X) | $g = 180+60X_1$ | $Cl^- = 18+12X_2$ | $SO_4^{2-} = 14+6X_3$ |

Таблица 2.

Матрица планирования факторного эксперимента 2³

| №№ | X ₀ | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₁₂ | X ₁₃ | X ₂₃ | X ₁₂₃ | Y |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------|
| 1 | +1 | -1 | -1 | -1 | +1 | +1 | +1 | -1 | 1040 |
| 2 | +1 | +1 | -1 | -1 | -1 | -1 | +1 | +1 | 1370 |
| 3 | +1 | -1 | +1 | -1 | -1 | +1 | -1 | +1 | 705 |
| 4 | +1 | +1 | +1 | -1 | +1 | -1 | -1 | -1 | 825 |
| 5 | +1 | -1 | -1 | +1 | +1 | -1 | -1 | +1 | 960 |
| 6 | +1 | +1 | -1 | +1 | -1 | +1 | -1 | -1 | 1125 |
| 7 | +1 | -1 | +1 | +1 | -1 | -1 | +1 | -1 | 390 |
| 8 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 560 |

После оценки значимости полученных коэффициентов по критерию Стьюдента, исключения незначимых коэффициентов было получено уравнение регрессии (1) в кодированном виде:

$$Y = 871,9+98,1X_1 -251,9X_2 -113,1X_3 -25,6X_{1,2} -31,9X_2X_3 +26,9X_1X_2X_3 \quad (1)$$

Проверка адекватности полученного уравнения проводилась по критерию Фишера. С учетом формул перехода было получено уравнение (2) в натуральном масштабе, характеризующее емкость поглощения анионита АВ-17-8 по сульфат-ионам:

$$E = 710+3,844 g+7,305 Cl^- +9,2 SO_4^{2-} -0,123gCl^- -1,564Cl^- SO_4^{2-} -0,112gSO_4^{2-} + 0,00623gCl^- SO_4^{2-}, \text{мг-экв/л} \quad (2)$$

Из статистического анализа уравнения (1) следует, что наибольшее влияние на емкость поглощения оказывает исходная концентрация хлоридов и сульфатов (наибольшее значение коэффициентов перед X_2 и X_3). Однако нужно учитывать фактор парного взаимодействия X_2X_3 , приводящий к снижению емкости поглощения при одновременном возрастании концентрации хлоридов и сульфатов в обрабатываемой воде. Увеличение удельного расхода натриевых солей на регенерацию закономерно повышает емкость поглощения анионита.

ВЫВОДЫ

Для схемы натрий-хлор-ионирования солоноватых вод получено уравнение для расчета с погрешностью до $\sim 5\%$ емкости поглощения по сульфат-ионам анионита АВ-17-8 в зависимости от рассматриваемых факторов.

Результаты исследования позволяют рекомендовать применение технологии натрий-хлор-ионирования для подготовки добавочной воды на объектах теплоэнергетики из солоноватых вод взамен дефицитной пресной воды.

-
1. *Лифшиц О.Б.* Справочник по водоподготовке котельных установок. М., Энергия, 1976, 228 с.
 2. *Ширшова Т.И., Анушкова Е.В., Прохорова А.Н.* Опыт эксплуатации промышленной установки по Na-Cl-ионированию воды. Водоподготовка, водный режим и химконтроль на паросиловых установках. М., Энергия, 1968, Вып.3, с.151-155.
 3. *Резникова А.С., Тихомирова Е.А., Родыгина Л.М.* О целесообразности применения низкоосновных анионитов в схеме натрий-хлор-ионирования. Промышленная энергетика. 1981, № 2, с.31-33.
 4. *Джалилов В.А.* Рекуперация отработанных растворов совместной регенерации Na-Cl-фильтров. Ученые записки Азерб.ГНА. –Баку, 1993, № 4, с.44-47.

NATRIUM-CLOR-İONLAŞDIRMA ÜSULU İLƏ ŞORAN SULARIN EMALINA AİD MƏSƏLƏLƏR

KOSMODAMİANSKIY V.E., BABAYEV A.M., MAMEDOVA A.M.

Şoran suların natrium-xlor-ionlaşdırma sxemi üçün, baxılmış amillərdən asılı olaraq AB-17-8 anionitinin sulfat ionlarının udulma həcminə görə, xətası $\sim 5\%$ -dək olan hesabat tənliyi alınmışdır.

Aparılmış analizlərin nəticələri imkan verir ki, istilik energetikası sahələrində şirin suyu şoran su ilə əvəz etmək məqsədilə əlavə suyun hazırlanması üçün natrium-xlor-ionlaşdırma texnologiyasının istifadə olunması tövsiyyə edilsin.

ABOUT THE TREATMENT OF SALINE WATER BY THE SODIUM -CHLORINE-IONIZING METHOD

KOSMODAMİANSKIY V.E., BABAYEV A.M., MAMEDOVA A.M.

The equation for calculation with error up to 5% of capacity of absorption by the sulfate-ionize AB-17-8 anion depending on considered factor is received for the scheme of the sodium-chloride ionizing of saline waters. The result of the research allow to recommend application of technology sodium-chlorine-ionizing for preparation of additional waters from saline waters instead of scarce fresh water on object of power system.